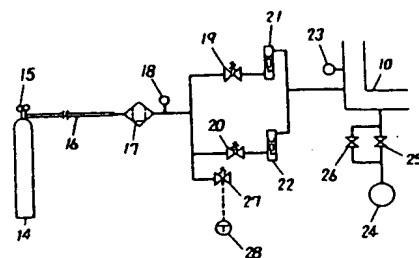


(54) GAS LASER OSCILLATION DEVICE

(11) 4-80979 (A) (43) 13.3.1992 (19) JP
 (21) Appl. No. 2-195361 (22) 23.7.1990
 (71) MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (72) TOGO NISHIOKA(3)
 (51) Int. Cl⁵. H01S3/097

PURPOSE: To prevent a gas laser oscillation device from deteriorating in laser output and to protect it against damage by a method wherein a discharge valve which discharges a certain amount of laser gas at the start of laser oscillation is provided.

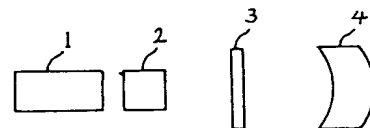
CONSTITUTION: A discharge valve 27 is provided to a laser gas feed piping system between a laser gas bomb 14 serving as a laser gas feed source and the laser gas circulation system of a laser gas oscillation device. The discharge valve 27 may be provided inside the laser oscillator. When a gas laser oscillation device is actuated, the discharge valve 27 is kept open for a time set by a timer 28, and the residual laser gas in a mixing ratio different from a prescribed mixing ratio is exhausted from the piping into the atmosphere through the discharge valve 27 just before the start of the gas laser oscillation device. Laser gas fed from the laser gas bomb 14 is discharged. Thereafter, the discharge valve 27 is closed after a certain time set by timer elapses.

**(54) OPTICAL ELEMENT AND LASER RESONATOR**

(11) 4-80980 (A) (43) 13.3.1992 (19) JP
 (21) Appl. No. 2-193914 (22) 24.7.1990
 (71) ASAHI GLASS CO LTD (72) TADANORI SENOO
 (51) Int. Cl⁵. H01S3/106, G01J3/26, G02B5/28, H01S3/08

PURPOSE: To enable a laser device to be controlled in vertical mode and polarization mode of laser rays and to maintain a stable laser oscillation low in noise by a method wherein a mode control plate possessed of an etalon effect and a wave plate effect is inserted in the resonator of a laser device provided with a nonlinear optical material.

CONSTITUTION: An optical film whose reflectivity R is so set as to satisfy a formula, $F_0 = \pi R^2 / (1 - R)$ (F_0 denotes finesse when laser ray passes through an optical element once), is provided to a light input-output face. The film concerned is polished to be as thick as L , where L is so set as to satisfy a formula, $0 < L \leq L_1 = C / (2n \cdot \text{FSR})$ (where, (m) denotes a natural number, λ is the wavelength of laser rays, (C) represents speed of light, (n) is the refractive index of an optical element, FSR represents the free spectrum space of an optical element, and (a) means a minimum) and the film is made not to serve as a $\lambda/4$ wave plate but as a $\lambda/2$ wave plate.



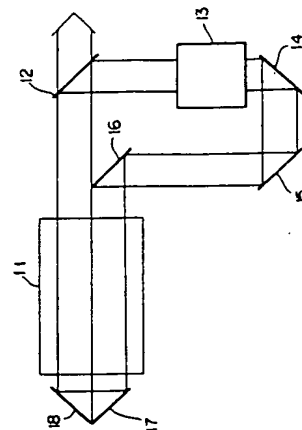
1: solid-state laser medium, 2: nonlinear optical material,
 3: mode control plate

(54) NARROW BANDWIDTH OSCILLATION LASER DEVICE

(11) 4-80981 (A) (43) 13.3.1992 (19) JP
 (21) Appl. No. 2-195727 (22) 24.7.1990
 (71) KOMATSU LTD (72) OSAMU WAKABAYASHI(3)
 (51) Int. Cl⁵. H01S3/106, H01S3/081, H01S3/1055

PURPOSE: To enable a narrow oscillation laser device to be improved in oscillation efficiency by a method wherein an outward path and an inward path are spatially separated from each other when laser rays fed back through a feed-back means are made to reciprocate in a laser medium.

CONSTITUTION: In a narrow band oscillation excimer laser, laser rays emitted from a laser medium 11 are reflected by a partially reflecting mirror 12 to be incident on a wavelength selection element 13, whereby the reflected laser rays are set narrow in bandwidth. The narrowed laser rays are fed back to the laser medium 11 via totally reflecting mirrors 14, 15, and 16 and amplified there. The laser rays introduced into the medium 11 are made to reciprocate along different optical axes by totally reflecting mirrors 17 and 18 and amplified, and the amplified laser rays are outputted penetrating through the partially reflecting mirror 12. The laser rays narrowed in bandwidth are introduced into a laser medium and made to reciprocate in an inward and an outward path which are spatially separated from each other, whereby they are amplified.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-80981

⑬ Int.Cl.⁵

H 01 S 3/106
3/081
3/1055

識別記号

庁内整理番号

7630-4M
7630-4M
7630-4M

⑭ 公開 平成4年(1992)3月13日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 狭帯域発振レーザ装置

⑯ 特 願 平2-195727

⑰ 出 願 平2(1990)7月24日

| | | | | |
|---------|--------------------------|-------|---------------|---------------|
| ⑱ 発 明 者 | 若 林 | 理 | 神奈川県平塚市万田1200 | 株式会社小松製作所研究所内 |
| ⑱ 発 明 者 | 溝 口 | 計 | 神奈川県平塚市万田1200 | 株式会社小松製作所研究所内 |
| ⑱ 発 明 者 | 小 林 | 諭 樹 夫 | 神奈川県平塚市万田1200 | 株式会社小松製作所研究所内 |
| ⑱ 発 明 者 | 小 若 | 雅 彦 | 神奈川県平塚市万田1200 | 株式会社小松製作所研究所内 |
| ⑲ 出 願 人 | 株式会社小松製作所 東京都港区赤坂2丁目3番6号 | | | |
| ⑳ 代 理 人 | 弁理士 木村 高久 | | | |

明 細 書

1. 発明の名称

狭帯域発振レーザ装置

2. 特許請求の範囲

レーザ媒質から出力されたレーザ光の一部を透過し残りを反射する部分反射ミラーと、

この部分反射ミラーによって通過あるいは反射されたレーザ光のいずれか一方を狭帯域化する波長選択素子と、

該狭帯域化されたレーザ光をレーザ媒質に帰還させる帰還手段と、

該帰還手段によって帰還されたレーザ光をレーザ媒質中で往復させてレーザ光を前記部分反射ミラーに導くと共に、この往復の際の往路と復路とを空間的に分割するレーザ光分割手段と、

を具える狭帯域発振レーザ装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明はステッパー用の光源として使用される

エキシマレーザなどの狭帯域発振レーザ装置に関する。

〔従来の技術〕

半導体装置製造用の縮小投影露光装置(以下、ステッパーという)の光源としてエキシマレーザの利用が注目されている。これはエキシマレーザの波長が短い(KrFの波長は約248.4nm)ことから光露光の限界を0.3μm以下に延ばせる可能性があること、同じ解像度なら従来用いていた水銀ランプのg線やi線に比較して焦点深度が深いこと、レンズの開口数(NA)が小さくて済み、露光領域を大きくできること、大きなパワーが得られること等の多くの優れた利点が期待できるからである。

ところで、ステッパーの光源として利用されるエキシマレーザとしては線幅3μm以下の狭帯域化が要求され、しかも大きな出力パワーが要求される。

エキシマレーザの狭帯域化の技術として有望なものとしては以下の4つの技術がある。

・第6図(a)に示すように、レーザチャンバ1とリアミラー2との間に2枚の波長選択素子としてのエタロン3を配置する。4はフロントミラーである。

・第6図(b)に示すように、グレーティング5とプリズムビームエキスパンダ6を用いるとともに、アパーチャ7を配設する。

・第6図(c)に示すように、エタロン3とグレーティング5とを用いる。

・第6図(d)に示すように、レーザチャンバ1の両側にP S分離鏡(P波透過、S波反射)8と偏波面回転プリズム(S波の大部分をP波に変換)9を配し、エタロン3によって波長選択を行なう偏光結合型共振器による構成である。10は全反射鏡である。すなわち、偏波面回転プリズム9からはS波とP波が混じったレーザ光が出力され、このレーザ光はチャンバ1で増幅された後P S分離鏡に入射されることで、S波は外部に出力されP波はエタロン3に入る。このP波は全反射鏡10で反射し、再びエタロン3を透過してチャ

ンバ1に入って増幅される。このP波はさらに偏波面回転プリズム9に入り、ここで大部分がS波に変換された後、P S分離鏡8を経由して外部に出力される。

〔発明が解決しようとする課題〕

上記第6図(a)、(c)に示す従来技術では、レーザ出力を5W以上に上げようとした場合、エタロン3を透過するエネルギー密度が非常に大きくなってエタロン3の反射膜の負荷が大きくなるため、少ないショット数で反射膜が劣化しまい、これによりエタロン3の透過率が著しく減少したり、フィネスが小さくなったりすることによって出力レーザ光のスペクトル純度、パワーおよび出力効率が大幅に低下するという問題がある。さらにこれらの方法では、エタロンを透過するエネルギー密度が高いため、熱的なドリフトによってエタロンのギャップが変化し、この結果エタロンの透過波長のシフトが大きくなり、波長の制御性を著しく低下させるという不具合があった。

また、第6図(b)に示した従来技術では、エ

タロンのような繰り返し反射による波長選択素子と異なり、単一反射によって狭帯域化をなし得るため、波長選択素子の負荷による熱的ドリフトや耐久性の問題は少なく上述のような問題はほとんど発生しないが、この場合は素子の波長選択性がビームの広がり角に大きく依存するため、波長線幅を細く維持するためにアパーチャ7を配設する必要がある。高効率で発振させるためには放電のエネルギー密度を高くした狭い放電幅の状態が発振させる必要があり、放電電極の負荷が大きい上に放電電極の消耗により放電幅が広がった場合出力効率やスペクトル純度が低下するという問題があった。

また、第6図(d)に示した偏光結合型共振器による構成では、エタロン3に入射される光はP波のみの一部の光であるためエタロンの負荷を低減できて出力効率が高い有効な手法であるが、10W以上の高出力となるとエタロンの負荷は数W程度に増加し、エタロンの透過波長のシフト、エタロンの寿命、出力効率などの点で問題が発生す

る。とくに、KrFエキシマレーザの波長域(248.4nm)では、P S分離膜および偏波面回転器は効率の低いものしか製作できないためにこの従来技術では発振効率が今一つ向上しないという問題があった。またこの手法では、弱い狭帯域化されたP偏光で発振させてその光をS偏光に変換して出力として取り出しているために、P偏光の発振は閾値が高く、低出力でのパルス安定性は第6図(a)～(c)に示した従来技術より悪くなっていた。また、波長選択素子としてグレーティングのような波長線幅を狭くするためにアパーチャを配置する必要がある素子を用いて偏光結合型共振器を構成した場合は、やはり放電幅を狭くせざるを得ず、放電電極の耐久性等の点で問題が多い。

なお、エキシマレーザをステップ用の光源として実用するためには、高出力と共に狭いスペクトル線幅とすることが必須条件であり、これらを考えると上述した従来方式では各種の点で限界があった。

この発明はこのような事情に鑑がみてなされたもので、狭帯域化素子の負荷低減、波長 幅の狭帯域化および高効率化を図る狭帯域発振レーザ装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

この発明においては、レーザ媒質から出力されたレーザ光の一部を透過し残りを反射する部分反射ミラーと、この部分反射ミラーによって透過あるいは反射されたレーザ光のいずれか一方を狭帯域化する波長選択素子と、該狭帯域化されたレーザ光をレーザ媒質に帰還させる帰還手段と、該帰還手段によって帰還されたレーザ光をレーザ媒質中で往復させてレーザ光を前記部分反射ミラーに導くと共に、この往復の際の往路と復路とを空間的に分割するレーザ光分割手段とを具えるようにする。

〔作用〕

かかる構成によれば、レーザ媒質から出力されたレーザ光の一部を部分反射ミラーによって取り出し、該取り出した光を波長選択素子に入射して

狭帯域化する。このように、波長選択素子に入射される光は部分反射ミラーによって取り出された全レーザ光の一部であるため、波長選択素子を透過する光のエネルギー量およびエネルギー密度、つまり波長選択素子に対する負荷が小さくなる。また、本発明の構成によれば、狭帯域化した光をレーザ媒質中に帰還して往復させ、しかもこの往復の際往路と復路とを空間的に分割しているためにレーザ光の発振効率をより向上させることができる。

〔実施例〕

以下、この発明の実施例を添付図面を参照して詳細に説明する。

第1図はこの発明を狭帯域発振エキシマレーザに適用した場合の原理を示した概念図である。この第1図の狭帯域発振エキシマレーザでは、レーザ媒質11を出たレーザ光の反射光を部分反射ミラー12で取り出して、該取り出した光を波長選択素子13に入射して狭帯域化する。狭帯域化した光は全反射ミラー14、15、16を経由する

ことで再びレーザ媒質11に帰還され、レーザ媒質11内で増幅される。レーザ媒質11に導入されたレーザ光はその後2枚の全反射ミラー17、18によって光軸を移動されて、再びレーザ媒質11に導入されて増幅された後部分反射ミラー12を透過して出力される。

この構成によれば、レーザ媒質11から出力された全レーザ光ではなく部分反射ミラー12によって取り出された一部の光を波長選択素子13に入射しているので、波長選択素子13を透過する光のエネルギー量およびエネルギー密度、つまり負荷が小さくなる。また、狭帯域化された光をレーザ媒質中に導入して往復させることで増幅させ、しかも往路と復路とを空間的に分けて増幅しているために、発振効率を格段に向上させることができる。

第2図は、第1図の波長選択素子13にエタロン3を用いた実施例であり、レーザ媒質11から出力されたレーザ光の一部を部分反射ミラー12で取り出して、該取り出した光を2個のエタロン

3に入射して狭帯域化する。そして、エタロン3を透過した光を2枚の全反射ミラー14、15によって光軸を平行移動させて再びエタロン3を透過し、再度狭帯域化する。狭帯域化した光は全反射ミラー16を経由することで再びレーザ媒質11に帰還され、レーザ媒質11内で増幅される。レーザ媒質11に導入されたレーザ光はその後2枚の全反射ミラー17、18によって光軸を移動されて、再びレーザ媒質11に導入されて増幅された後部分反射ミラー12を透過して出力される。

第3図は、第2図の変形であり、この場合は部分反射ミラー12の透過光をレーザ媒質11に帰還し、部分反射ミラー12の反射光を出力するようにしている。すなわち、レーザ媒質11から出て部分反射ミラー12を透過した光はエタロン3に入射されて狭帯域化された後、2枚の全反射ミラー14、15によって光軸を平行移動させて再びエタロン3を透過し、再度狭帯域化される。この狭帯域化された光はそのままの経路でレーザ媒質11を透過することで増幅された後、2枚の全

反射ミラー17、18によって光軸を移動され、その後再びレーザ媒質11に導入されて増幅された後部分反射ミラー12で反射されて出力される。

この成では、2枚の全反射ミラー14、15および17、18に45度直角プリズムを使用すれば、反射損失はほとんどなくなるために、先の第6図(C)に示した偏光結合型共振器よりも発振効率が高くなる。

第4図は、狭帯域化素子としてプリズムビームエキスパンダ6とグレーティング5を用いるとともに、波長線幅を細く維持するためにレーザチャンバ11の前後にアパーチャ23、24を配設するようにしたものである。グレーティング5は光の回折を利用して特定波長の光を選択するもので、一定方向に配列された多数の溝が形成されており、全反射ミラーとしても機能する。グレーティング5はエタロン3に比べて耐久性が優れており、入射光に対するグレーティング5の角度を可変させることにより、特定の波長の光を選択する。グレーティング5としてエシェールグレーティングを

使用すれば、回折効率は60%以上となり、狭帯域化効率はエタロン3よりも高くなって発振効率は飛躍的に高くなる。

かかる構成によれば、レーザチャンバ11から出力されたレーザ光の一部を部分反射ミラー12により取り出し、その光を2枚のプリズム19、20から成るプリズムビームエキスパンダ6により拡大してグレーティング5に入射させる。この場合、グレーティング5はその入射角と回折角が多少異なるような角度に設置しており、グレーティング5により狭帯域化されたレーザ光は再びプリズムビームエキスパンダ6を通過して縮小された後、全反射ミラー16で反射されてレーザチャンバ11に帰還される。レーザチャンバ11で増幅されたレーザ光は、2枚の全反射ミラー17、18によって光軸を移動され、その後再びレーザ媒質11に導入されて増幅された後部分反射ミラー12を通過して出力される。

かかる構成では、グレーティング5の入射角と回折角を多少異なるようにすることで、入射光と

回折光を分離しているため、グレーティング5のブレース角と発振波長が一致していない場合容易に補正することができる。またこの構成では、レーザ光の往路と復路を空間的に分割しているので、アパーチャ23、24の幅を従来よりも少なくとも2倍にすることができ、これによりレーザの放電幅を2倍に広くできるとともに、エネルギー密度が小さくても効率よく発振できるために、電極消耗によりスペクトル特性が影響を受けにくく、放電電極の寿命を実質的にのばすことができるようになる。そして、この構成のように波長選択素子としてグレーティングを使用する場合は、グレーティング上では単一反射となるためその寿命は半永久的となり、選択波長のシフトもほとんどなくなり、厳密な波長制御を行なう必要性がなくなる。

第5図は第4図の変形例であり、レーザチャンバ11から出たレーザ光を第3図の実施例同様部分反射ミラー12で反射することで出力するようにしている。一方、部分反射ミラー12を通過し

たレーザ光はプリズムビームエキスパンダ6により拡大されてグレーティング5に入射される。この場合も、グレーティング5はその入射角と回折角が多少異なるような角度に設置しており、グレーティング5により狭帯域化されたレーザ光は再びプリズムビームエキスパンダ6を通過して縮小された後、そのままの経路に沿ってレーザチャンバ11に帰還される。レーザチャンバ11で増幅されたレーザ光は、2枚の全反射ミラー17、18によって光軸を移動され、その後再びレーザ媒質11に導入されて増幅された後部分反射ミラー12で反射されて出力される。

なおこの発明は、エキシマレーザ以外の他の狭帯域発振レーザ装置にも適用することができる。

〔発明の効果〕

以上説明したようにこの発明によれば、レーザ出力光の一部を部分反射ミラーで取りだし、その光を波長選択素子に入射させるために、波長選択素子に入射されるレーザ光のエネルギー密度が非常に小さくなり、これにより波長選択素子の寿命

を飛躍的に延ばすことができるとともに、選択波長のシフト量も非常に小さくなる。また、本発明では、狭帯域化した光を幅するときレーザ媒質中に往復させ、しかも往路と復路を空間的に分割するようにしているために、発振の閾値よりも十分高い状態で発振させることができ、パルス安定性を向上させることができるとともに、狭帯域化素子としてグレーティングを使用する場合には、アパーチャで発振領域を狭くする必要がないためレーザの放電幅を広く設定することができ、これによりエネルギー密度が小さくても効率よく発振することができ、電極消耗によりスペクトル特性が影響を受けにくく、放電電極の寿命を実質的に延ばすことができる。さらに、本発明では、K r Fエキシマレーザの波長域で効率および耐久性に問題のあるP S分離膜および偏波面回転プリズムを使用していないために、発振効率は偏光結合型共振器よりも高くなり、耐久性も向上する。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の原理を示す概念図、第2図

は第1図の原理を用いた具体実施例を示す図、第3図乃至第5図はこの発明の他の実施例を示す図、第6図は従来技術を示す図である。

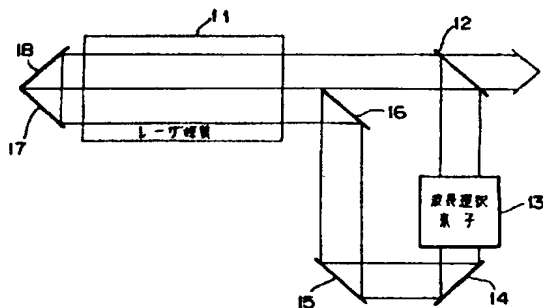
3…エタロン、5…グレーティング、

6…ビームエキスパンダ、

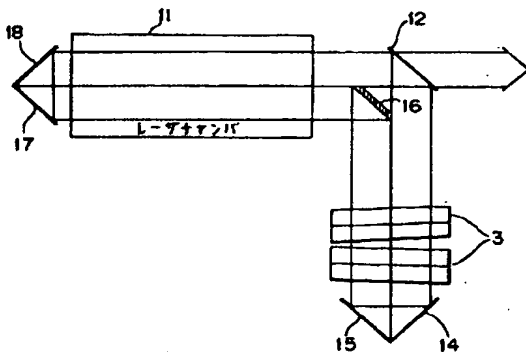
11…レーザ媒質、12…部分反射ミラー、

出願人代理人

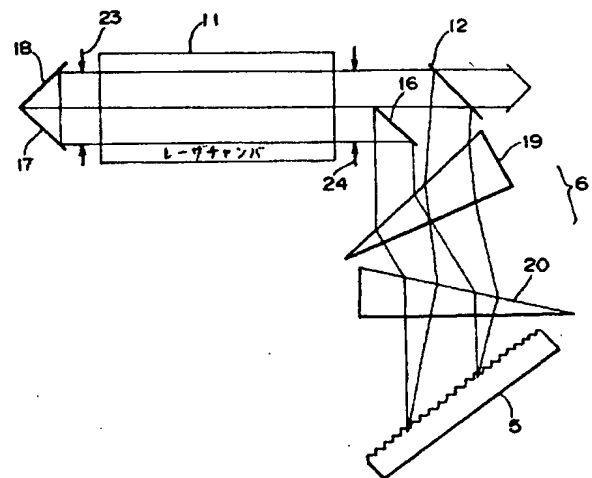
木村高久



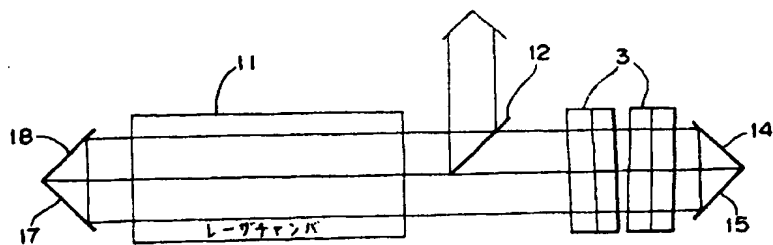
第1図



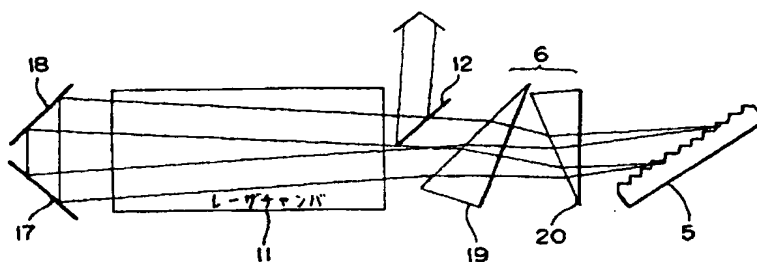
第2図



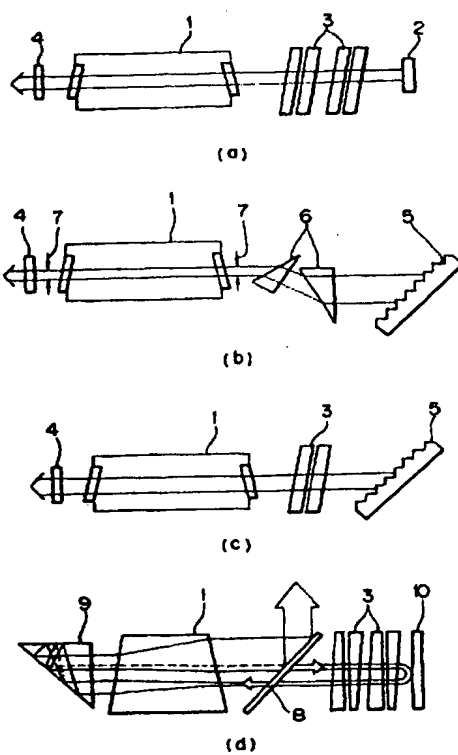
第4図



第 3 図



第 5 図



第 6 図